



Analisis Fondasi Disposasi Tambang Terbuka PT Bara Anugrah Sejahtera, Muara Enim, Sumatera Selatan

Wangga Sebayang^[1] dan Stevanus Nalendra Jati^[1]

^[1] Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Indonesia
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km.32, Inderalaya

e-mail: sebayangwangga@gmail.com

ABSTRAK

Aktivitas tambang terbuka pada umumnya memerlukan sebuah tempat untuk membuang tanah penutup (*overburden*) yang dikenal sebagai disposasi. Kestabilan suatu disposasi tidak hanya dipengaruhi oleh material disposasi tersebut, fondasi juga memiliki peran penting dalam kemantapan suatu disposasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemantapan disposasi PT Bara Anugrah Sejahtera. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan menganalisis beberapa parameter yang dianggap berperan penting dalam kemantapan fondasi disposasi, yaitu *foundation slope*, *foundation shape*, *overburden type*, *undrained failure potential*, *groundwater*, *compactness material*, dan *groundwater*. Data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data pemboran geotek yang dilakukan pada lima titik. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa fondasi disposasi pada daerah penelitian termasuk dalam kategori cukup baik, hal tersebut dilihat dari bentukan lereng fondasi yang dominan cembung, sudut kemiringan fondasi yang cukup landai dengan rata-rata kemiringan 13,45°, tipe *soil* yang merupakan *alluvial deposit*, memiliki potensi rendah untuk terjadi *undrained failure* yang dilihat dari nilai konduktivitas hidrolik dan porositas material yang termasuk kategori *moderate*, kondisi fondasi tidak dalam kondisi jenuh (*unsaturated*), kekompakan material *dense* hingga *very dense*, dan *bedrock* yang cukup *fresh* serta tidak adanya struktur.

Kata kunci: disposasi, kestabilan lereng, kesetimbangan batas, morgenstern-price, slide

PENDAHULUAN

Pada umumnya, tambang batubara di Indonesia menggunakan metoda tambang terbuka (*open pit mining*). Suatu kegiatan penambangan umumnya memindahkan tanah penutup (*overburden*) untuk mengambil bahan galian. Diperlukan suatu tempat untuk menampung tanah penutup tersebut sehingga tidak menutupi bahan galian yang masih ekonomis. Tempat penampungan bahan galian tersebut dikenal dengan istilah *waste dump* ataupun disposasi.

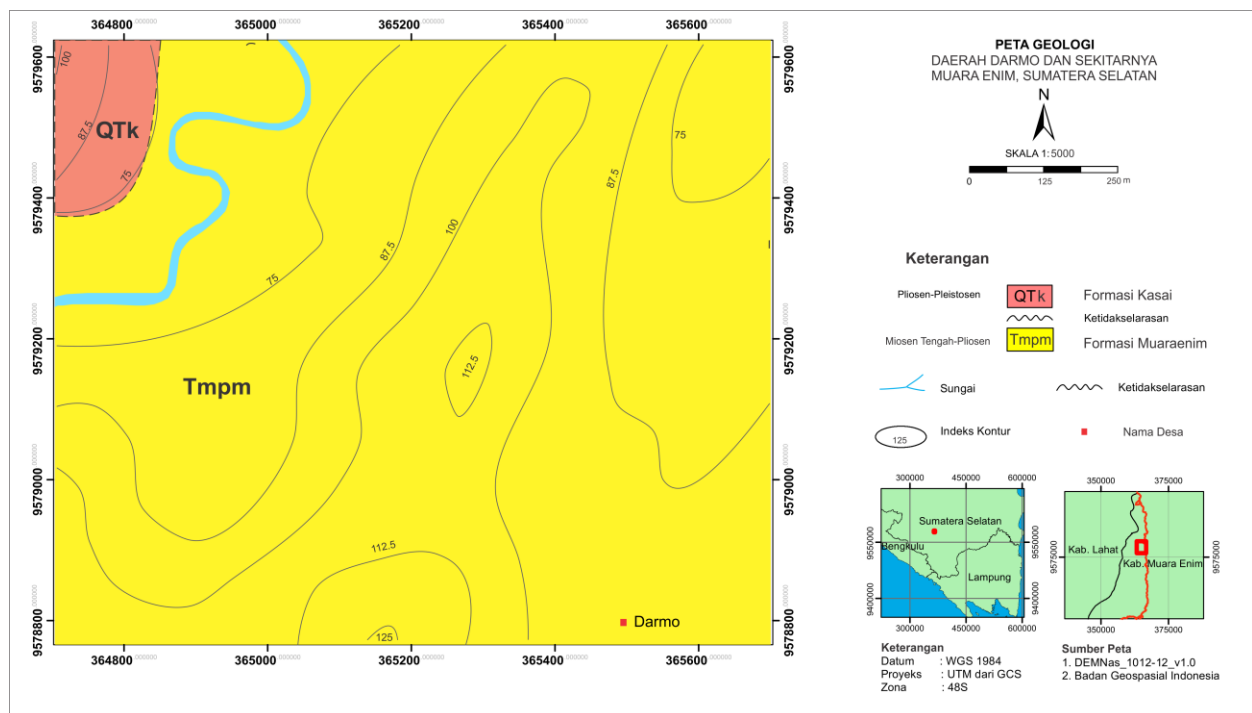
Analisis kestabilan pada disposasi dianggap sangat perlu dilakukan, karena kelongsoran pada disposasi dapat menyebabkan kerugian yang cukup besar, baik kerugian materil maupun non materil. Kelongsoran dapat menghambat tingkat produksi batubara, memberikan dampak negatif terhadap lingkungan, kerusakan alat dan paling berbahaya hingga memakan korban jiwa. Faktor-faktor yang menyebabkan kelongsoran pada disposasi tidak hanya selalu diakibatkan oleh lereng-lereng disposasi, akan tetapi dapat diakibatkan oleh fondasi yang tidak mampu menahan beban disposasi sehingga menyebabkan terjadinya *settlement*. Beberapa faktor yang menyebabkan potensi kelongsoran dapat mencakup sifat fisik dan mekanik batuan, kondisi air tanah, karakteristik massa batuan dan struktur yang

ada pada batuan tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kekuatan fondasi disposasi pada tambang batubara PT Bara Anugrah Sejahtera.

LOKASI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT Bara Anugrah Sejahtera yang secara administratif terletak di Desa Pulau Panggung, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan yang berbatasan dengan Kabupaten Lahat pada sisi barat dan Baturaja pada sisi selatannya. Secara geografis lokasi penelitian berada pada 3° 48' 07" Lintang Selatan, 103° 46' 07" Bujur Timur dan 3° 49' 28" Lintang Selatan, 103° 47' 27" Bujur Timur. Akses menuju lokasi penelitian dapat ditempuh melalui jalur darat dengan waktu tempuh 5 jam dari Kota Palembang.

Secara regional daerah penelitian terletak pada Formasi Kasai dan Formasi Muaraenim (Gambar 1). Formasi Muaraenim terdiri dari batupasir, batulempung, dan lapisan batubara dan berumur Miosen Akhir sampai Pliosen berdasarkan kedudukan stratigrafinya dan Formasi Kasai terdiri dari litologi batupasir tufaan, lempung, kerakal dan lapisan tipis batubara (Barber *et al.* 2005). Umur dari



Gambar 1: Lokasi penelitian yang secara geologi regional berada pada Formasi Muaraenim (Tpm) dan Formasi Kasai (Qtk)

formasi ini tidak dapat dipastikan, tetapi dapat diinterpretasikan memiliki umur Plio-Pleistosen jika dilihat berdasarkan kedudukannya terhadap Formasi Muaraenim.

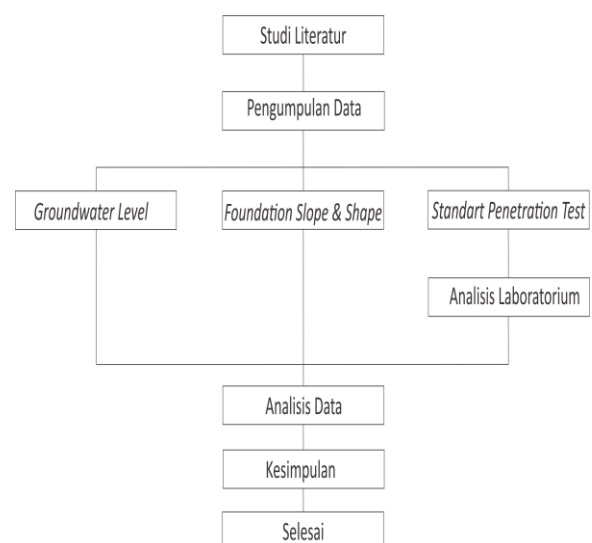
Pada tambang terbuka batubara terdapat dua macam disposal berdasarkan letaknya, yaitu *Out Pit* Disposal (OPD) yang berada di luar *pit* dan *In Pit* Disposal (IPD) yang merupakan disposal di dalam *pit*. Pada penelitian ini hanya terfokus pada *Out Pit* Disposal (OPD) PT Bara Anugrah Sejahtera.

METODE PENELITIAN

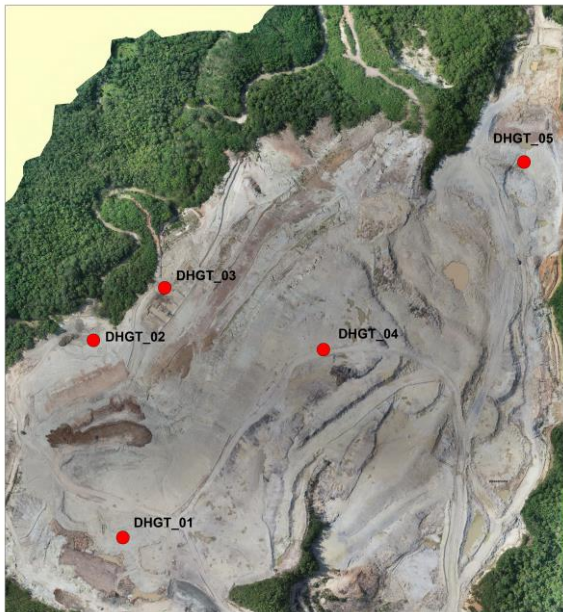
Dalam melakukan penelitian ini, peneliti menyusun alur penelitian yang terangkum dalam bagan alir penelitian (Gambar 2). Data yang akan dibahas dalam penelitian ini berasal dari observasi lapangan dan analisis laboratorium. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan sebuah fondasi, antara lain *foundation slope*, *foundation shape*, *overbrden type*, *undrained failure potential*, *fondatioun liquefaction potential*, *bedrock*, dan *groundwater* (Hawley et al, 2017).

Uji daya dukung tanah dilakukan dengan melakukan *Standart Penetration Test* (SPT) yang dilaksanakan bersamaan dengan kegiatan pengeboran geoteknik. Uji SPT dilakukan dengan menjatuhkan batangan besi ke dalam lubang bor dan menghitung jumlah pukulan yang diperlukan untuk memperdalam lubang bor sedalam 15 cm. Dalam uji SPT juga

dilakukan pengambilan sampel tidak terganggu (*undisturbed*) untuk dilakukan analisis *Atterberg Limit* di laboratorium. Uji SPT dilakukan pada lima titik bor yaitu DHGT_01, DHGT_02, DHGT_03, DHGT_04, dan DHGT_05 (Gambar 3). Kelima titik bor tersebut juga digunakan sebagai sumur pantau untuk menghitung tinggi muka air tanah yang diukur menggunakan alat piezometer. Dalam menganalisis kekuatan batuan fondasi, dilakukan dengan pengamatan langsung pada *core sample* pemboran geoteknik.



Gambar 2: Bagan alir penelitian



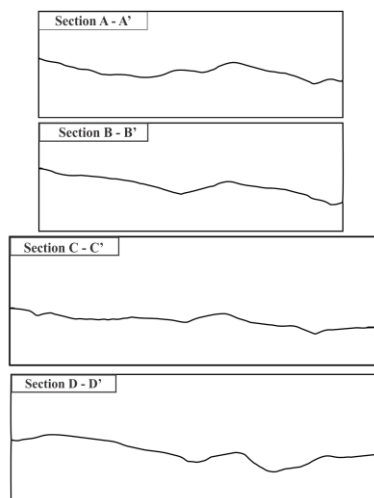
Gambar 3: Lokasi titik pemboran

HASIL PENELITIAN

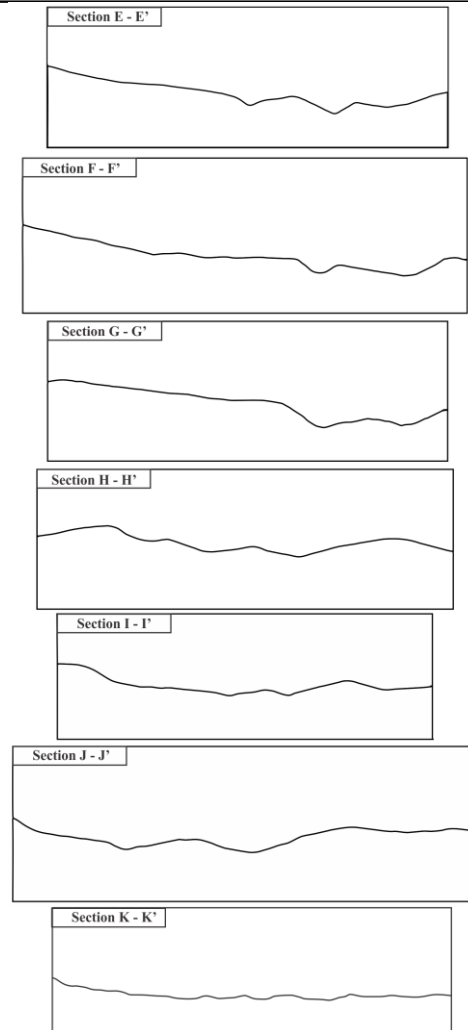
Dalam menganalisis fondasi disposal, dilakukan pengamatan beberapa parameter. Parameter yang digunakan pada penelitian ini menggunakan parameter Hawley dan Cuning (2017) yang berpendapat bahwa ada delapan parameter yang mempengaruhi kestabilan fondasi suatu disposal.

Foundation Slope

Fondasi dari suatu disposal memiliki pengaruh langsung terhadap kestabilan disposal tersebut. Disposal yang dibangun diatas fondasi berlereng curam, akan lebih berpotensi tidak stabil dibandingkan dengan fondasi dengan lereng yang lebih landai ataupun datar (Hawley dan Cuning, 2017). Pada penelitian ini kemiringan fondasi diukur berdasarkan *line section* yang terdiri dari sebelas *line section* (Gambar 4).



Foundation Shape



Gambar 4: Line Section yang menunjukkan foundation slope & shape

Dari sebelas *line section* yang diukur geometri kemiringannya, diketahui bahwa sudut terbesar adalah 20° dan sudut terkecil 7° . Rata-rata kemiringan lereng fondasinya adalah 13° (Tabel 1).

Tabel 1: Foundation slope angle

Section	Slope Angle ($^\circ$)	Average Slope Angle ($^\circ$)
A - A'	14	13.45454545
B - B'	15	
C - C'	14	
D - D'	10	
E - E'	9	
F - F'	13	
G - G'	7	
H - H'	19	
I - I'	20	
J - J'	15	
K - K'	12	

Hawley dan Cuning (2017) mengatakan bahwa fondasi dengan sudut 5° - 15° termasuk kedalam kategori landai. Maka kemiringan fondasi pada daerah penelitian termasuk kedalam kategori landai.

Bentuk fondasi merupakan salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam kemantapan suatu disposal. Bentuk lereng berdasarkan topografinya terbagi menjadi tiga yaitu, *convex* (cekung), *concave* (cembung), dan *Planar* (datar). Menurut Hawley dan Cuning (2017), bentukan lereng cekung yang merupakan bentukan lereng morfologi melandai dari *crest* hingga *toe* akan lebih baik untuk kestabilan disposal dalam jangka panjang dibandingkan dengan lereng berbentuk cembung yang morfologinya lebih curam.

Bentuk lereng fondasi pada penelitian ini diamati melalui *line section* pada gambar.4. Dari sebelas *line section*, bentuk morfologi lereng fondasi didominasi dengan bentuk *concave* (Tabel.2).

Tabel 2: Foundation Shape

Section	Foundation Shape
A-A'	Concave
B-B'	Concave
C-C'	Planar
D-D'	Convex
E-E'	Convex
F-F'	Concave
G-G'	Planar
H-H'	Concave
I-I'	Concave
J-J'	Concave
K-K'	Planar

Overburden Type

Pengertian *overburden* pada penelitian ini bukanlah tanah penutup yang membentuk disposal, melainkan material yang berada di bawah atau mendasari timbunan dan merupakan hasil pelapukan *in situ* dari lapisan *bedrock*, namun bukan *bedrock* itu sendiri (Hawley dan Cuning, 2017).

Soil yang buruk akan mengakibatkan terbentuknya bidang gelincir pada dasar timbunan, sehingga tipe *soil* ini menjadi salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam kemantapan suatu fondasi. Pada penelitian ini, tipe *soil* diidentifikasi langsung dan ditemukan bahwa tipe *soil* yang terdapat pada daerah penelitian adalah material dengan warna coklat terang, ukuran butir *medium* hingga *coarse*, tidak kompak, dan terdapat mineral-mineral lepas kuarsa. Berdasarkan karakteristik tersebut, diinterpretasikan bahwa

material *soil* merupakan hasil dari *alluvial deposits* (Gambar 5).



Gambar 5: Tipe *soil* yang menunjukkan *alluvial deposit*

Menurut Hawley dan Cuning (2017), tipe *soil* yang merupakan hasil dari *alluvial deposit* dengan karakteristik material pasir berukuran butir *medium-coarse* dan adanya keterdapat mineral kuarsa deposit seperti pada daerah penelitian termasuk kedalam kategori *moderate*.

Groundwater

Groundwater level merupakan hal penting yang perlu diperhatikan dalam kestabilan suatu fondasi disposal. *Groundwater level* berpengaruh terhadap *pore water pressure* pada fondasi timbunan, dimana *groundwater level* yang tinggi berpotensi meningkatkan *pore water pressure*. Hal tersebut juga dipengaruhi oleh beban pada fondasi, dalam hal ini adalah material timbunan. *Groundwater level* dan *pore pressure* yang tinggi dapat mengakibatkan ketidakstabilan pada fondasi. Selain itu dapat memicu fondasi dalam kondisi *full saturated*, yaitu dimana air tanah sudah mengisi seluruh ruang pori pada lapisan fondasi. Kondisi tersebut juga meningkatkan potensi terjadinya likuifaksi pada fondasi.

Pada daerah penelitian, *groundwater level* diukur pada dua sumur pantau bekas pemboran. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan, diketahui bahwa *groundwater level* berada >5 m dari permukaan fondasi (Tabel 3).

Tabel 3: Groundwater level fondasi

Titik	Surface disposal (mdpl)	Surface Fondasi (mdpl)	Grundwater level from surface disposal (m)
DHGT_02	65	60	9
DHGT_04	130	113	37,4

Undrained Failure Potential

Undrained condition adalah suatu kondisi dimana terjadi peningkatan tekanan air pada tanah/batu akibat

adanya penambahan beban, peningkatan tekanan tersebut karena air tidak dapat keluar dari porinya yang bersifat *impermeable* (Saravanan, 2019). Berdasarkan Hawley dan Cuning (2017) ada beberapa faktor yang mempengaruhi *undrained failure*, seperti *loading rate* yang terlalu cepat, kondisi tanah dalam keadaan jenuh (seluruh pori terisi air), tingkat *hydraulic conductivity* yang rendah, tipe *soil*, dan tingkat konsolidasi.

Pada penelitian ini hanya menggunakan parameter *hydraulic conductivity*, tipe *soil*, dan derajat kejenuhan, hal tersebut dikarenakan tidak seluruh data tersedia. Untuk menentukan *hydraulic conductivity* dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti *slug test*. Namun pada penelitian ini dalam menentukan *hydraulic conductivity* dapat dilihat dari besarnya porositas material fondasi, dimana semakin besar porositas suatu tanah maupun batuan maka nilai *hydraulic conductivity* juga akan semakin besar (Asmaranto dkk, 2012). Dari analisis laboratorium yang telah dilakukan dari sampel empat titik bor, diketahui bahwa tingkat porositas material fondasi termasuk ke dalam kategori *moderate* dengan persentase minimum 16,6%, persentase maximum 60,8% dan rata-rata 39,614% (Tabel 4).

Tabel 4: Persentase porositas material fondasi

Titik Bor	Porosity (%)	Statistic	
DHGT_02	49.89	Min	16.6
	31.76	Max	60.88
	16.6	Mean	39.614
	50.76		
DHGT_03	20.58		
	35.16		
	60.88		
DHGT_04	39.89		
	29.23		
	37.27		
	44.15		
DHGT_05	28.24		
	51.45		
	52.94		
	45.41		

Selain dari porositas, nilai *hydraulic conductivity* juga dapat diketahui berdasarkan jenis struktur tanah dan endapan lepas (*US Bureau of Reclamation*, 1993) (Gambar 6). Berdasarkan data pemboran geotek yang dilakukan pada wilayah disposal, litologi penyusun fondasi disposal adalah batupasir, batulempung, dan *silt* namun lebih didominasi oleh batupasir.

10 ⁴	10 ³	10 ²	10 ¹	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	K (m/hari)
Sangat tinggi	Tinggi	Menengah	Rendah	Sangat rendah						
Endapan lepas										
Kerikil bersih	Pasir bersih, pasir dan kerikil	Pasir halus	Silt, lempung pasir, lempung	Lempung masif						
Batuan kompak										
Basalt vesikuler, skorius, batu gamping (dolomit) berlubang	Batu pasir bersih, batuan beku dan metamorf yang retak-retak	Batu pasir laminasi, shale dan mudstone	Batuan beku dan metamorf masif							

Gambar 6: Nilai konduktivitas hidrolis (K) dari berbagai macam struktur tanah (USBR, 1993)

Persentase porositas dan jenis struktur tanah material fondasi termasuk kedalam kategori *moderate*. Maka Berdasarkan Hawley dan Cuning (2017) *hydraulic conductivity* pada daerah penelitian termasuk kedalam *moderate hydraulic conductivity*.

Derajat kejenuhan pada fondasi dapat dilihat berdasarkan pembahasan *groundwater* bahwa fondasi tidak dalam kondisi jenuh. Sehingga dari beberapa parameter *undrained failure*, dapat disimpulkan *undrained failure potential* termasuk kedalam kategori *low* (Hawley dan Cuning, 2017).

Compactness Material

Kekompakan material merupakan hal terpenting dalam kestabilan suatu fondasi disposal. Untuk mengetahui kekompakan material dapat dilakukan dengan uji daya dukung tanah, salah satunya *Standart Penetration Test* (SPT). Pada penelitian ini dilakukan uji SPT pada lima titik yang dilakukan dari permukaan disposal hingga material fondasi, akan tetapi N-SPT yang ditampilkan hanya pada bagian fondasi saja (Tabel 5).

Tabel 5: N-SPT material fondasi

Titik Bor	Kedalaman (m)	Litologi	N SPT
DHGT_01	42	Sandstone	>50
	44	Sandstone	45
	46	Coreloss	>50
	48	Sandstone	>50
	50	Claystone	>50
DHGT_02	6	Silty Clay	>50
	8	Silty Clay	>50
	10	Silty Sand	>50
DHGT_03	6	Clay	5
	8	Clay	9
	10	Sand	>50
	12	Claystone	>50
DHGT_04	14	Siltstone	>50
	18	Silty Clay	>50
	20	Silty Clay	>50
	22	Siltstone	>50
	24	Sandstone	>50
	26.5	Siltstone	>50
DHGT_05	28	Claystone	>50
	18	Coreloss	>50
	20	Claystone	>50
	22	Claystone	>50
	24	Claystone	>50

Meyerhoff (1956) mengaitkan korelasi antara N-SPT dengan kekompakan material. Berdasarkan N-SPT material fondasi yang didominasi >50, maka dapat disimpulkan *compactness material* pada penelitian ini termasuk kedalam kategori *dense-very dense* (Tabel 6).

Tabel 6: Tabel 5.14 Korelasi N SPT compactness material (Meyerhoff, 1956)

Compactness	N-SPT
Very Loose	0-4
Loose	4-10
Compact	10-30
Dense	30-50
Very Dense	>50

Bedrock

Bedrock yang kompeten memiliki nilai positif terhadap suatu disposal, dimana *bedrock* tersebut memiliki daya dukung yang tinggi untuk menampung material timbunan dengan geometri yang lebih besar. Kompetensi dari suatu *bedrock* dapat dilihat dari kekuatan material penyusunnya yang dilihat dari besarnya nilai *Geological Strenght Index* (GSI), tingkat pelapukan, dan ada tidaknya alterasi pada batuan penyusunnya. Selain faktor tersebut, kehadiran struktur geologi seperti sesar dan kekar juga akan mempengaruhi kompetensi suatu *bedrock*.

Analisis kompetensi *bedrock* dilakukan dengan pengamatan langsung pada *core sample*. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, diketahui bahwa batuan *bedrock* memiliki nilai GSI 60-80. Hal tersebut dilihat dengan tidak ditemukannya kekar-kekar pada *core sample* (Gambar 7). Batuan *bedrock* juga tidak ditemukan pelapukan yang kuat dan tidak ada indikasi alterasi. Struktur *mayor* seperti sesar dan lipatan juga tidak ditemukan pada *bedrock*.



Gambar 7: Bedrock core sample

KESIMPULAN

Dari beberapa parameter yang dianalisis, yaitu *foundation shape*, *foundation slope*, *undrained failure potential*, *groundwater*, *compactness material*, *overburden type*, dan *bedrock* menunjukkan bahwa kondisi fondasi disposal pada daerah penelitian termasuk cukup baik. Hal tersebut dapat dilihat dari bentuk lereng fondasi yang dominan cembung, sudut lereng fondasi yang landai, *low undrained failure potential*, tipe soil merupakan *alluvial deposit*, material fondasi yang kompak hingga sangat kompak, dan kondisi fondasi yang tidak dalam keadaan jenuh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Aldi Menggala Persada, Ari Kusuma Adhani, dan Yonathan Mangatur yang telah membantu proses penelitian ini hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmaranto, R., Soemitro, RAA., Anwar, N., 2007. *Penentuan Nilai Konduktivitas Hidrolik Tanah Tidak Jenuh Menggunakan Uji Resistivitas di Laboratorium*. Jurnal Teknik Perairan. Vol 3 No.1
- Barber, A.J., Crow, M.J., Milsom, J.S., 2005. *Sumatra: Geology, Resources and Tectonik Evolution*. London: Geological Society Memoir, 282 pp.
- Hawley, M., Cuning, J., 2017. *Mine Waste Dump and Stockpile Design*. Australia: CSIRO Publishing
- Meyerhoff, G. 1957. *The Mechanism of Flow Slides in Cohesive soils*. Geotechnique 7, 41-49.
- Saravanan, S., Parthasarathy, KSS., Sivaranjani, S., 2019. *Assesing Coastal Aquifer to Seawater Intrusion: Application of the GALDIT Method to the Cuddalore Aquifer, India*. Coastal Zone Management, 233-250.
- U.S. Bureau of Reclamation. 1993. *Pueblo Reservoir, Sedimentation Survey, Technical Service Center*. Colorado.